# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Allocution prononcée au dîner du centenaire de* J. Watt, *le* 17 *septembre* 1919, *à Birmingham*, par M. **A. Rateau.**

Lord Mayor, Mesdames, Messieurs,

J'ai été délégué par l'Académie des Sciences, et aussi par la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, spécialement pour vous apporter le tribut des hommages de la Science et de l'Industrie françaises à la mémoire du grand homme que, pieusement, vous honorez ici, dans les lieux où il a passé la plus grande partie de sa vie, et où son génie a mûri et porté ses fruits.

L'Académie des Sciences ne pouvait manquer de venir s'associer à ces manifestations de votre souvenir; James Watt fut pendant onze ans un de ses membres les plus illustres. Elu Correspondant en 1808, il a été choisi en 1814 l'un des premiers parmi les huit Associés étrangers. A cette époque, nos pays n'étaient pas dans les sentiments de fraternelle amitié où nous les voyons heureusement aujourd'hui, après les immenses et glorieux sacrifices consentis en commun. Il a fallu que l'Académie prisât bien haut les mérites exceptionnels de votre compatriote, et qu'elle s'élevât à une large indépendance d'esprit, pour qu'elle se l'attachât ainsi; et vous estimerez sans doute que cette décision lui fait honneur.

Si l'Angleterre s'enorgueillit de compter Watt au nombre de ses enfants de génie, tous les pays cependant ont bénéficié de ses inventions capitales, et, à ce titre, il appartient à l'humanité entière.

Il était, sous tous les aspects, un homme rare. Doué d'une sagacité étonnante, d'une mémoire prodigieuse et d'un esprit d'ordre inconcevable, il avait lu autant que les hommes les plus érudits de son temps; aussi savait-il beaucoup. Portant ses méditations sur toutes les branches de l'activité humaine, il était très versé dans la Chimie, dans la Physique, dans la Mécanique, naturellement, et même dans la médecine et l'architecture, les instruments de musique. C'était une encyclopédie vivante; nul ne pouvait exposer ses connaisances avec plus de concision, de netteté et de grâce, et il avait le talent aussi de savoir les utiliser. D'une habileté manuelle peu commune, n'a-t-il pas exécuté lui-même un orgue remarquable?

Lord Jeffrey, dans une éloquente Notice, caractérisa heureusement l'intelligence à la fois forte et subtile de son savant ami en la comparant à la trompe, si merveilleusement organisée, dont l'éléphant se sert, avec une égale facilité, pour saisir une paille ou pour déraciner un chêne.

Ajoutez à ces qualités l'esprit d'observation, la persévérance, l'intuition. Observateur patient, Watt l'a été au suprême degré. N'avait-il pas fait graver sur son cachet un œil ouvert avec la devise « observare »? Persévérant, il l'était comme chaque Anglais. Quant à son intuition, ses créations merveilleuses et multiples nous en révèlent l'ampleur.

Watt n'a pas été un empirique. Une méthode logique et précise a toujours dirigé ses recherches. Ses grandes inventions, qui ont révolutionné l'industrie, ne sont en rien tributaires de hasards heureux. Il mesurait les phénomènes, et, au besoin, imaginait les instruments de mesure nécessaires. Il a donc été l'un des premiers, sinon le premier, à réaliser l'application fertile de la Science à l'Industrie dont on parle tant aujourd'hui.

D'ailleurs, il n'a pas connu l'aiguillon de la nécessité, et sa vie, toute patriarcale, vouée à l'étude, au travail, à la méditation, ne nous offre aucun de ces événements fiévreux qui, parfois, font jaillir l'étincelle du génie chez les prédestinés.

Ses perfectionnements à la machine rudimentaire de Newcomen, qui l'ont rapidement conduit, en peu d'années, à la création de la machine à vapeur telle que nous la connaissons, avec presque tous ses caractères essentiels, ne doivent pas être considérés comme le résultat d'observations fortuites ou de soudaines idées ingénieuses. Watt y est arrivé par un inflexible processus de réflexion et par des expériences méticuleuses.

Suivant la maxime de Bacon : « Écrire, parler, méditer, agir quand on n'est pas bien pourvu de faits qui jalonnent la pensée, c'est naviguer sans pilote le long d'une côte hérissée de dangers. » Notre grand homme estimait

évidemment que la mécanique repose sur l'observation attentive des faits et l'expérimentation.

Mais, comme presque tous les inventeurs, Watt se vit disputer la gloire de ses inventions. L'envie se fit ingénieuse ; elle alla fouiller dans les bibliothèques et lui contesta avec acharnement une priorité que la justice mit plus de vingt ans à lui consacrer par un arrêt.

Aujourd'hui, ces passions mesquines ont été effacées par le temps, et tout le monde est d'accord pour proclamer Watt un des plus grands bienfaiteurs de l'humanité.

Vous, Anglais, pensez sans aucun doute qu'il a été l'un des meilleurs ouvriers de la grandeur de votre pays en lui apportant le moyen de bénéficier pour votre industrie de vos immenses ressources de charbon.

« Watt, a dit Sir Humphrey Davy, a plus contribué à montrer l'utilité pratique des sciences, à agrandir la puissance de l'homme sur le monde matériel, à multiplier et à répandre les commodités de la vie, que les travaux d'aucun personnage des temps modernes. » Davy n'hésite pas à placer Watt au-dessus d'Archimède.

Watt et son associé Boulton durent lutter pour ne pas être complètement dépouillés des redevances relativement modestes qu'ils demandaient à ceux qui réalisaient d'énormes bénéfices en utilisant leurs inventions.

Comme l'a si bien dit Arago dans son éloge historique de notre confrère, prononcé en 1834 :

« Si les hommes se résignent volontiers à payer le loyer d'une maison, le prix d'un fermage, il n'en est pas de même quand il s'agit d'une idée, fût-elle la plus profitable et la plus avantageuse. Les idées ! Mais elles n'exigent ni peine ni efforts ! Pourquoi donc en payer le loyer ? Il semble que les hommes de génie, ceux qui produisent les idées, doivent rester étrangers aux jouissances matérielles, et l'histoire de la Science est là pour nous montrer la plupart des grands esprits dont s'honore l'humanité, en butte aux persécutions de leurs contemporains. Ces persécutions manquent rarement de les décourager et d'aigrir leur caractère.

» Comment l'heureux naturel de Watt aurait-il résisté à de telles épreuves ? Sept longues années de procès continuels ! Vous imaginez-vous, Messieurs, ce que cela représente de dépit, d'amertume et de blessures à l'amour-propre ? Comme l'on comprend les termes acerbes qu'il emploie à l'égard des plagiaires qui le persécutent ! Et pourtant, chose admirable, rien ne peut décourager ce grand homme, rien ne peut briser sa foi dans la

justice de la postérité. Il semble qu'une force supérieure dirigeait ce génie, et, au plus fort de ses épreuves, lui disait : tu vaincras ! »

Watt nous donne encore l'exemple du parfait honnête homme, probe et bienveillant, sensible et digne. C'était, en un mot, un beau caractère. A propos de sa discussion avec Cavendish, au sujet de la composition de l'eau qu'il avait entrevue et indiquée le premier, la chose paraît bien avérée, il écrit à son ami Deluc :

« Si je ne réclame pas mes droits sur-le-champ, imputez-le à une indolence de caractère qui me fait trouver plus aisé de supporter l'injustice, que de combattre pour en obtenir le redressement. Quant à des considérations d'intérêt pécuniaire, elles n'ont à mes yeux aucune valeur. »

Cette « indolence de caractère » dont parle Watt, n'est-ce pas plutôt de la modestie, mieux encore, de la grandeur d'âme?

Ainsi, par l'ensemble unique de ses qualités, par l'ampleur de ses services, par sa modestie charmante, Watt méritait la sollicitude de ses contemporains. Et pourtant, cet homme admirable, ce puissant esprit ne fut pas élevé à la Pairie. On n'y a même pas songé.

Un pareil oubli chez une nation justement fière de ses grands hommes a étonné Arago. « Quand j'en cherchais la cause, dit-il, savez-vous ce qu'on me répondait? Ces dignités dont vous parlez sont réservées aux officiers de terre et de mer, aux orateurs influents de la Chambre des Communes, aux membres de la noblesse. Ce n'est pas la mode de les accorder à des savants, à des littérateurs, à des artistes, à des ingénieurs!

» Comptons sur l'avenir. Un temps viendra où la science de la destruction s'inclinera devant les arts de la paix; où le génie qui multiplie nos forces, qui crée de nouveaux produits, qui fait descendre l'aisance au milieu des masses, occupera dans l'estime générale des hommes la place que la raison, que le bon sens lui assignent dès aujourd'hui. »

Depuis l'époque où ces lignes ont été écrites, les idées ont changé, en effet; sans cesser d'honorer vos grands capitaines, vos grands politiques, vous avez aussi honoré nombre de vos grands hommes de la science, des arts ou de l'industrie; et nous devons admirer profondément le souci que vous avez de marquer votre reconnaissance à ceux qui ajoutent à la force et à la gloire de l'Angleterre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur de nouveaux dispositifs amplificateurs potentiométriques universels*. Note (1) de MM. **Blondel** et **Touly**.

Dans un précédent Mémoire (2) l'un de nous a exposé différents montages permettant de combiner des audions amplificateurs avec les différentes méthodes de mesures antérieurement connues pour la mesure des faibles différences de potentiel; on prévoyait dans ces dispositions l'emploi d'amplificateurs relais à résistance permettant d'augmenter à volonté la sensibilité (3).

En introduisant des simplifications successives, nous avons remplacé ici les ponts de Wheatstone ordinaires déjà étudiés en collaboration, par des dispositifs potentiométriques où les batteries forment une partie des potentiomètres; et pour réduire le nombre des batteries, nous avons utilisé le principe de la régénération d'Armstrong. Nous avons pu obtenir ainsi une sensibilité aussi grande qu'on peut la désirer sur n'importe quel instrument de mesure, soit en courant continu, soit en courant alternatif.

Considérons par exemple le dispositif représenté par la figure 1 et qui se compose de deux étages seulement d'amplificateurs. Le second étage est représenté composé de plusieurs audions en parallèle $A'_1 A'_2 A'_3$, de façon à accroître le courant dans le circuit filament-plaque. Les grilles $G'_1 G'_2 G'_3$ montées en parallèle sont reliées au point D du rhéostat $R_2$ du premier audion; elles sont donc chargées à la tension $E_2 - r$ par rapport aux filaments.

Le circuit filament-plaque du premier audion comprend les batteries de piles $B_1$ et $B_2$ et la résistance réglable $R_2$. (Les R désignent des rhéostats et les $r$ leurs résistances.)

Nous faisons agir sur le circuit de grille :

1° La force électromotrice $e$ qu'on se propose de mesurer;

2° Une force électromotrice dite *de régénération* qui est prise aux bornes

(1) Séance du 11 août 1919.

(2) Mémoire remis à la *Revue générale d'Électricité*, le 28 octobre 1918, et publié le 9 août 1919. Voir aussi H. Abraham et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 49, p. 59-62, et t. 48, p. 1321-1323.

(3) Les relais amplificateurs à résistance ont été employés pour la première fois, croyons-nous, par M. Henri Abraham et M. Léon Brillouin, dans des récepteurs radiotélégraphiques, en combinaison avec des condensateurs.

de la résistance $r''_2$ du second étage d'amplificateurs ([1]). Supposons d'abord nulle cette dernière.

On voit aisément que la variation de la chute de tension dans $R''_2$ est de même signe que la variation de potentiel de la première grille G qui lui donne naissance; en effet, une augmentation négative de ce potentiel, réduisant le courant du premier audion, élève la tension de grille du deuxième audion prise en $K_1$; le courant du second audion augmente donc et, par suite, $r'$; le potentiel croît en $K''_2$, sa variation a pour expression

$$(1) \qquad v' = r_2 i_1 = \frac{kv}{1 + \frac{\rho}{r_2}},$$

en appelant $k$ le coefficient d'amplification et $\rho$ la résistance aux variations de courant de plaque $i_1$. La tension $v'$ sur les grilles du second étage produit, dans le galvanomètre Z, un courant $i'_3$ qui s'en déduit par la relation (2), dans laquelle on accentue les lettres pour préciser qu'elles se rapportent au second étage d'amplificateurs ($n$ en parallèle) :

$$(2) \qquad i'_3 = -n \frac{k'v'}{r' + \rho'\left(1 + \frac{r'_3}{r'_2}\right)} \simeq -\frac{nk'v'}{\rho'} \frac{1}{1 + \frac{r'_3}{r'_2}}.$$

Si le galvanomètre Z est mis, non en dérivation comme il est figuré, mais en série dans le circuit de la plaque, il indique la variation de courant

$$(3) \qquad i'_3 = -\frac{nk'v'}{\rho'}.$$

On déduit également de (2) la tension entre les points C′ et D′ :

$$(4) \qquad r'_2 i''_2 = -\frac{nkk'v}{\left(1 + \frac{\rho}{r_2}\right)\left(1 + \frac{\rho'}{R'}\right)},$$

ou dans le cas d'un galvanomètre en série ou d'un électromètre :

$$(5) \qquad r'_2 i'_2 = -\frac{nkk'v}{\left(1 + \frac{\rho}{r^2}\right)\left(1 + \frac{\rho'}{r'_2}\right)}.$$

---

([1]) En outre, une force électromotrice constante peut être prise sur la résistance potentiométrique de réglage $r_g$ montée elle-même aux bornes d'une batterie auxiliaire $B_0$, si l'on désire abaisser le potentiel de la première grille au-dessous du voltage *déjà négatif* (en général suffisamment négatif) pris sur le régénérateur $R''_2$.

L'épure des courbes caractéristiques des lampes permet de choisir les valeurs à donner à $r_2 r'_2$, $E_1 E_2 E'_2$ pour que les lampes travaillent dans

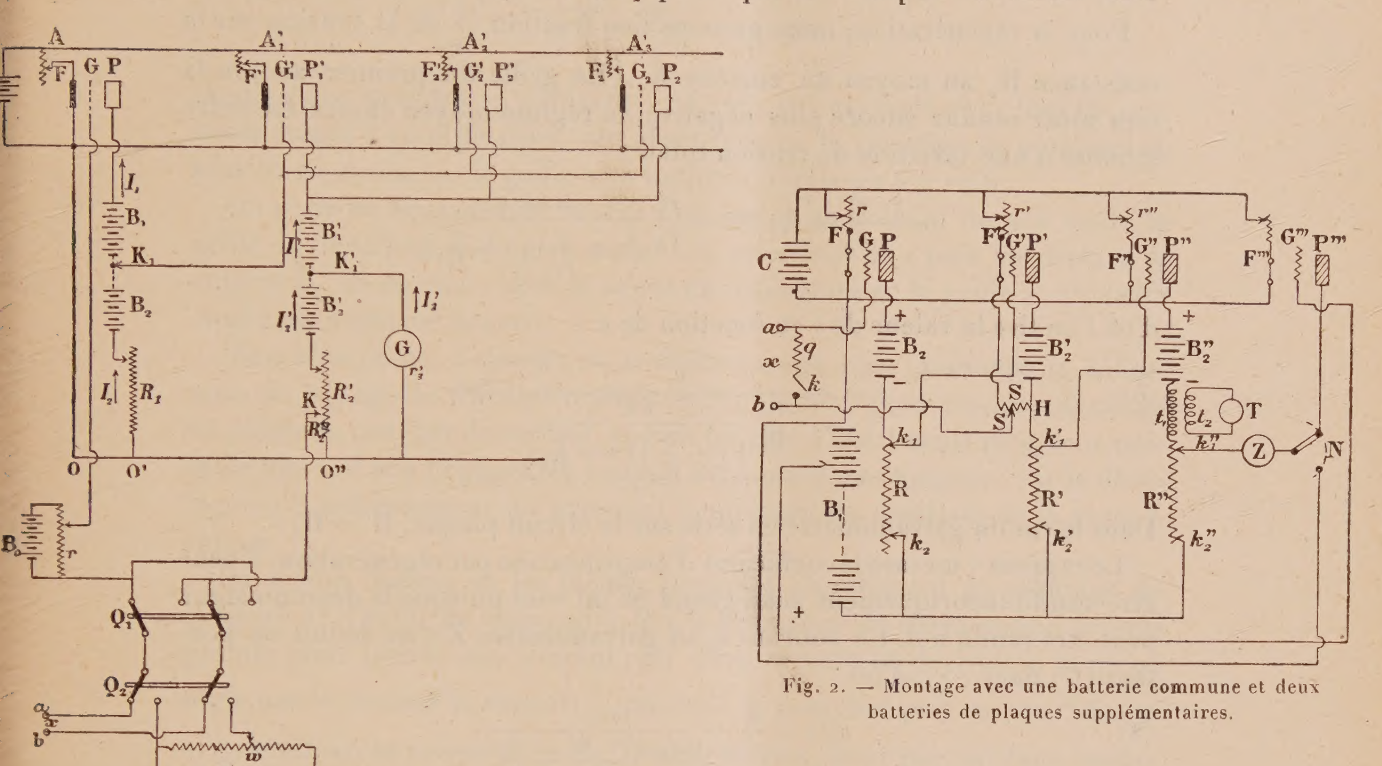



Fig. 2. — Montage avec une batterie commune et deux batteries de plaques supplémentaires.

Fig. 1. — Montage à deux batteries indépendantes.

F, filament. — G, grille. — P, plaque d'un audion. — C, batterie de chauffage du filament d'audion. — B, batterie de piles ou d'accumulateurs alimentant la plaque ; D, batterie auxiliaire de quelques éléments, ajoutée éventuellement pour rendre la plaque plus négative par rapport au filament. Pour chacune de ces batteries, les signes + et — indiquent les pôles positif et négatif respectivement. — $r$, rhéostat de réglage du filament ; $R_1$, $R_2$, rhéostats de réglage du courant de plaque, pouvant servir éventuellement de potentiomètres, leur résistance sera désignée par $r_1$ $r_2$ ; $q$, rhéostat d'un ou plusieurs mégohms pouvant être mis par l'intermédiaire d'un commutateur K en dérivation sur la grille pour ramener celle-ci au potentiel du filament ; Z, organe récepteur ; $a$, $b$, bornes entre lesquelles on applique la différence de potentiel continue ou alternative que l'appareil est chargé d'amplifier ; K, point de connexion variable d'un fil de connexion avec un des pôles intermédiaires de la batterie de piles ou avec un des plots du rhéostat. Les indices 1, 2, 3 distinguent les organes d'un même montage quand il y en a plusieurs de la même catégorie. Des accents appliqués aux différentes lettres permettent de distinguer un des amplificateurs suivants par rapport au premier. — S, résistance de régénération d'une valeur élevée formant potentiomètre établie en dérivation entre le filament et la grille d'un des audions.

la partie rectiligne de leur caractéristique, et que les grilles soient et restent négatives par rapport aux filaments pendant les oscillations. Un réglage préalable des contacts de la connexion du galvanomètre Z permet

aussi d'obtenir que le courant constant dans ce galvanomètre soit nul et qu'il mesure seulement le courant additionnel $i'_3$.

Pour la régénération, nous prenons une fraction $\frac{r''_2}{r'_2}$ de la tension sur la résistance $R'_2$ au moyen du curseur $K_3$. La grille du premier audion G sera ainsi rendue encore plus négative au régime moyen et sera en outre soumise à une variation de tension totale :

$$ve + \frac{r''_2}{r'_2}(r'_2 i'_2) = e + \frac{r''_2}{r'_2}\frac{nkk'v}{\left(1+\frac{\rho}{r_2}\right)\left(1+\frac{\rho'}{R'}\right)},$$

d'où l'on tire la valeur de $v$ en fonction de $e$ :

$$(6) \qquad v = \frac{e}{1 - \frac{R''_2}{R'_2}\frac{kk'}{\left(1+\frac{\rho}{r_2}\right)\left(1+\frac{\rho'}{R'}\right)}} = \gamma e.$$

Dans le cas du galvanomètre en série sur le circuit plaque, $R' = R'_2$.

Le rapport $\gamma$ mesure le coefficient d'amplification par régénération, il peut être rendu théoriquement aussi grand qu'on veut puisque le dénominateur peut être rendu nul. Le courant $i'_3$ au galvanomètre Z s'en déduit en portant (6) dans (5), d'où :

$$(8) \qquad i'_3 = -\frac{e}{r'_3}\frac{n}{\frac{\rho+r_2}{kr_2}\,\frac{\rho'+R'}{k'R'} - \frac{r''_2}{r'_2}}.$$

En général, on a avantage à employer des résistances potentiométriques R grandes pour les premiers étages d'amplification et très faibles ou nulles pour le dernier. On a de bonnes conditions de fonctionnement pour les audions de la Radiotélégraphie militaire française avec $E_1 + E_2 = 450$ volts ou davantage et $E_1$ compris entre 150 et 200 volts; mais on pourrait, tout en conservant $E_1 = 150$ volts, avoir encore un fonctionnement acceptable en limitant $E_2$ à 175 volts ($E_1 + E_2 = 325$); mais dans ce cas on ne peut se contenter de la batterie $B_1$ seule pour alimenter le dernier audion, car il faut au moins 275 volts pour que la variation de courant maxima $i = 6,5\,\mu A$ soit réalisable dans la région de proportionnalité.

Le voltage moyen de la grille doit être beaucoup plus négatif pour le dernier audion, dont on utilise le courant dans un galvanomètre, que pour les premiers étages qui sont destinés à produire une variation du potentiel; si l'on prend par exemple 450 volts pour les deux batteries réunies ($E_1 + E_2$),

le potentiel moyen sur la grille du dernier audion devra être de

$$\frac{-18-36}{2} = -27 \text{ volts},$$

tandis qu'on prendra — 2 volts ou — 4 volts par exemple pour tous les premiers étages d'amplification, car, dans ceux-ci, la variation de potentiel en plus ou en moins sur la grille sera toujours inférieure à 4 volts.

On règle en deux temps : d'abord on amène au voltage négatif voulu la grille du deuxième audion en réglant la résistance $R'_2$; puis on déplace le curseur $K'_2$ de façon à régler le degré de régénération; la grille se trouvera ainsi à un potentiel négatif.

Rien n'empêche d'ajouter un troisième étage pour diminuer la délicatesse du réglage du rhéostat régénérateur et surtout pour éviter un décalage de phase du courant du second audion lorsque l'instrument récepteur présente une self non négligeable ou qu'il est muni d'une soupape; car le décalage ou le redressement du potentiel modifierait les résultats de la régénération.

La même théorie et les mêmes formules s'appliquent au montage de la figure 2; il suffit de remarquer que la résistance de régénération S (très grande pour traiter son courant) est alors montée en dérivation et qu'on règle par le curseur le rapport $\frac{s}{S}$ qui règle le potentiel pris sur ce rhéostat et conduit sur la première grille. Il suffit de remplacer partout dans les formules précédentes le rapport $\frac{r''_2}{r'_2}$ qui caractérise le régénérateur par $\frac{s}{S}$.

Quand on abaisse le levier du commutateur N, le galvanomètre Z est monté en pont de Wheatstone modifié comme sur la figure 1; si c'est un galvanomètre à courant alternatif de haute fréquence, on peut ajouter, dans certains cas, un condensateur en dérivation.

On a plus de sensibilité en redressant le courant galvanométrique, comme l'ont déjà proposé MM. Abraham et Eugène Bloch; mais au lieu de détecter le courant, comme ces auteurs, par une lampe détectrice, nous le redressons rigoureusement même avec faible voltage, par une lampe valve, montée en soupape, comme le montre la figure 2. En donnant à la grille, par une connexion convenable avec la batterie B, un potentiel suffisamment positif (4 à 6 volts avec les lampes considérées), on obtient l'utilisation d'une seule alternance sur deux et la proportionnalité des déviations.

Notre appareil de la figure 2 (un simple commutateur N permettant de passer d'un montage à l'autre, sans changer les lampes ni les étages

d'amplification) se prête à toutes les applications exigeant la mesure ou l'enregistrement de faibles différences de potentiel, même statiques; on peut aussi oscillographier les variations rapides de ces tensions.

On pourra, en combinant ainsi l'oscillographe avec le quartz de Curie, enregistrer les courbes de variations de pressions dans un crusher ([1]) ou dans un cylindre de machine thermique, en même temps qu'on oscillographiera la variation de température par un thermo-couple.

Nous avons également étudié l'application de notre amplificateur à la photométrie (en combinaison avec les photomètres énergétiques qui deviennent ainsi utilisables pour la première fois) et à la téléphonie, car il a l'avantage de ne pas déformer les ondes.

## OCÉANOGRAPHIE. — *Les mines errantes sur l'Atlantique nord.* Note de S. A. S. **Albert, Prince de Monaco.**

A la séance du 30 décembre 1918, je communiquais à l'Académie une Note sur la route que suivraient les mines flottantes placées, pendant la guerre allemande, sur les côtes européennes de l'Atlantique. Je donnais, avec la même Note, les indications que j'estimais utiles pour faire suivre aux bateaux de la navigation transatlantique des routes libres ou plus ou moins libres de ce danger : aujourd'hui, je présenterai des faits survenus depuis et qui confirment les formules d'où sont sorties ces conclusions.

Des observations télégraphiquement communiquées au colonel Chaves, directeur du Service météorologique des Açores, par le *Weather Bureau* et l'*Hydrographic Office* de Washington, me permettent de réunir ici quelques résultats acquis. Trente-trois mines ont été rencontrées sur des points de l'Atlantique nord, dont vingt-six ont été aussitôt portées sur ma carte du *Gulf Stream*. Il s'agit des premières mines qui reviennent d'Amérique après un flottage de quatre années dans la circulation que le grand courant océanien influence et qui, durant cette période, auront visité la Manche, le golfe de Gascogne, certaines côtes d'Espagne, la côte portugaise, les îles Canaries, les Antilles et les Açores, pour regagner ensuite les eaux européennes.

C'est une démonstration par l'expérience, que ces mines présentent un

([1]) Suivant la méthode récemment décrite par deux physiciens anglais.

danger permanent sur tout le parcours du *Gulf Stream*, où elles flotteront jusqu'à leur élimination accidentelle. Et tant qu'il existera dans la Manche ou dans l'Atlantique nord des champs de mine incomplètement détruits, et qui lâcheront leurs engins au gré des courants, ces objets, s'ajoutant à ceux qui reviennent d'Amérique, maintiendront l'abondance des mines errantes à un niveau voisin de celui qui régnait à la fin de la guerre.

J'ai dit déjà et je répète, pour l'information des navigateurs, qu'en dehors des éliminations dues aux accidents de la route ou au travail des dragueurs, un certain nombre de mines échappent au grand cycle qui enveloppe la presque totalité de l'Atlantique nord, et tombent dans le tourbillon qui centralise une partie du flottage : dans la mer des Sargasses, entre les Açores et le golfe du Mexique. Il y a aussi des mines revenues de l'Ouest jusque près de l'Europe, et dont le cycle océanien est raccourci par l'attraction du massif des Açores, et d'autres qui abandonnent complètement ce cycle aux approches de la Manche, pour longer l'Irlande et l'Écosse, gagner la Norvège et se faire détruire par les glaces de la mer polaire. Ces aberrations sont dues surtout à l'action de certaines tempêtes.

Les informations de l'Observatoire des Açores constatent que les vingt-six premières mines errantes, dont la rencontre dans la région des Açores lui a été signalée récemment, se trouvaient entre 30° et 50° de latitude nord et entre 10° et 50° de longitude ouest de Greenwich, ce qui confirme le calcul d'une zone très dangereuse que j'ai fourni dans ma Note du 30 décembre 1918. Les dates de ces rencontres, placées entre le 7 novembre 1918 et le 17 avril 1919, confirment aussi mon calcul de la durée de ce flottage pour ramener les mines vers l'entrée de la Manche : j'avais prévu un délai de quatre années et c'est bien ce que donne la moyenne des dates reçues par le colonel Chaves, si l'on estime que la fuite des mines de la Manche a commencé vers le quatrième trimestre de 1914. Ici je note que, parmi les trente-trois mines signalées par l'Observatoire des Açores comme revenant d'Amérique et se dirigeant vers l'Europe, il peut y en avoir que les Américains des États-Unis avaient placées sur leurs côtes orientales pour les protéger. L'entrée de ces mines dans le cycle océanien serait alors relativement récente : elles n'auraient pas encore achevé leur première traversée de l'Atlantique. Les éléments nécessaires pour fixer la position actuelle des sept mines, plus récemment signalées, ne me sont pas encore parvenus.

En résumé, je maintiens aussi fermement que je les ai établies au mois de décembre 1918 les conclusions de ma première Note et concernant les

CARTE

MONTRANT LES RÉSULTATS DES RECHERCHES EXÉCUTÉES PAR



...E NORD

...DE 1885 A 1888 POUR ÉTABLIR LA DIRECTION DES COURANTS.




Nos

1 _ 7 Nov — 18
2 28 Janv — 19
3 . 15 Fév — 19
4 _ 9 Mars — 19
5 _ 19 Fév — 19
6 _ 22 Avril — 19
7 _ 20 Avril — 19
8 _ 6 Mars — 19
9 _ 16 Mai — 19
10 _ 21 Mars — 19
11 _ 1 Avril — 19
12 _ 22 Mai — 19
13 _ 16 Avril — 19
14 _ 18 Avril — 19
15 _ 23 Avril — 19
16 _ 24 Mai — 19
17 _ 6 Juin — 19
18 _ 6 Juin — 19
19 _ 8 Juin — 19
20 _ 26 Avril — 19
21 _ 13 Juin — 19
22 . 9 Mai — 19
23 _ 19 Mai — 19

5A 5 Mars — 19
6A 4 Mars — 19
16A 17 Avril — 19

zones dangereuses créées par les mines errantes pour la navigation transatlantique : ces mines persisteront à flotter en nombre considérable, et pendant beaucoup d'années, entre les limites que j'ai données et plus particulièrement vers les côtes d'Europe, autour des Canaries, de Madère et des Açores, entre cet archipel et le courant froid, et dans la mer des Sargasses.

En outre, je ne considère pas comme impossible que des mines en marche vers l'Europe et portées sur le bord septentrional des eaux chaudes soient jetées dans les eaux froides qui descendent des régions du Spitzberg, du Groenland et de l'Islande : ce cas, plutôt rare, entraînerait certainement les mines qu'il vise, sur la côte des États-Unis.

## CORRESPONDANCE.

M. **Désiré Guiette** fait don à l'Académie d'un herbier ayant appartenu à M. Jules Cloquet, Membre de l'Académie.

M. M. **Bertrand de Fontviolant** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places de la Section des *Applications des Sciences à l'Industrie*.

M. **Séjourné** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des *Académiciens libres*.

### ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites de fonctions holomorphes.* Note de M. **J. Wolff**.

1. *Étant donnée une suite convergente*

$$f_1(z),\quad f_2(z),\quad \ldots,\quad f_n(z),\quad \ldots \tag{1}$$

*de fonctions holomorphes dans un domaine* $\mathfrak{D}$, *une condition nécessaire et suffisante pour que la fonction limite* $f(z)$ *soit elle-même holomorphe dans* $\mathfrak{D}$

*est la convergence quasi-uniforme de la suite de fonctions*

$$\psi_n(x, y, z) = \frac{(y-z) f_n(x) + (z-x) f_n(y) + (x-y) f_n(z)}{(x-z)(y-z)} \tag{2}$$

*sur tout ensemble* E *borné et fermé que l'on peut former en associant des valeurs* $x$, $y$, $z$ *de* $\mathfrak{D}$ *qui évitent les triples* $x = z$, $y \neq z$ *et les triples* $x \neq z$, $y = z$.

Faisons d'abord une petite remarque : pour $x \neq z$, $y \neq z$, on peut écrire

$$\psi_n(x, y, z) = \frac{f_n(x) - f_n(z)}{x - z} - \frac{f_n(y) - f_n(z)}{y - z}.$$

Si $x$, $y$ et $z$ s'approchent d'une même limite $z_0$, $\psi_n$ s'approche de $f'_n(z_0) - f'_n(z_0) = 0$. On obtient une fonction holomorphe des trois variables $\psi_n(x, y, z)$, si l'on donne la valeur zéro à cette fonction en un point $x = y = z$ et, de la même manière, la valeur $f'_n(z) - \frac{f_n(y) - f_n(z)}{y - z}$ si $x = z$, $y \neq z$; $\frac{f_n(x) - f_n(z)}{x - z} - f'_n(z)$ si $x \neq z$, $y = z$. Dans l'énoncé, il faut entendre par $\psi_n$ la fonction ainsi définie.

La condition est nécessaire. En effet, étant donnés deux nombres positifs $\varepsilon$, N, on peut trouver un indice $N' > N$, de sorte que, en un « point » donné $P(x, y, z)$ de E, on ait

$$|\psi_{N'}(x, y, z) - \psi(x, y, z)| < \varepsilon \tag{3}$$

en désignant par $\psi(x, y, z)$ la limite de $\psi_n(x, y, z)$ pour $n$ infini. Car $\psi_n$ converge en tout point de E : si $x \neq z$, $y \neq z$, on a

$$\lim_{n=\infty} \psi_n(x, y, z) = \frac{f(x) - f(z)}{x - z} - \frac{f(y) - f(z)}{y - z} = \psi(x, y, z),$$

et si $x = y = z$, on a

$$\psi_n(x, y, z) = 0;$$

donc

$$\lim_{n=\infty} \psi_n(x, y, z) = \psi(x, y, z) = 0.$$

La fonction $\psi$ est holomorphe si on lui donne la valeur zéro pour $x = y = z$, la valeur $f'(z) - \frac{f(y) - f(z)}{y - z}$ pour $x = z$, $y \neq z$ et la valeur $\frac{f(x) - f(z)}{x - z} - f'(z)$ pour $x \neq z$, $y = z$.

Par suite de la continuité des fonctions $\psi_{N'}$ et $\psi$, on peut trouver un

nombre positif $\delta$ tel que les inégalités

$$|x'-x|<\delta, \quad |y'-y|<\delta, \quad |z'-z|<\delta$$

entraînent

$$(4) \qquad |\psi_{N'}(x', y', z')-\psi(x', y', z')|<\varepsilon,$$

$\psi$ étant $\lim\limits_{n=\infty} \psi_n$ pour les points de E. Or on peut recouvrir E au moyen d'un nombre fini de domaines

$$|x'-x|<\delta, \quad |y'-y|<\delta, \quad |z'-z|<\delta,$$

correspondant aux points de E de la manière indiquée. Parmi un nombre limité d'indices supérieurs à N on peut donc, pour chaque point de E, en choisir un, de manière à satisfaire à (4); c'est-à-dire que la suite (2) converge quasi uniformément sur E.

La condition est suffisante. En effet, considérons deux suites de points dans $\mathfrak{G}$, $x_1, x_2, \ldots$ et $y_1, y_2, \ldots$ ayant toutes les deux pour limite un même point $z$ de $\mathfrak{G}$. L'ensemble $(x_k, y_k, z)$ forme, avec le point $x=y=z$, un ensemble borné et fermé E. Nous supposerons $x_k \neq z$, $y_k \neq z$, $(k=1, 2, \ldots)$. Alors la suite (2) converge quasi uniformément sur E. Cela a pour conséquence que

$$\lim_{k=\infty}\left[\frac{f(x_k)-f(z)}{x_k-z}-\frac{f(y_k)-f(z)}{y_k-z}\right]=0.$$

Donc, sur toute suite $(x_k)\left[x_k \neq z, \lim\limits_{k=\infty} x_k = z\right]$, le quotient

$$\frac{f(x_k)-f(z)}{x_k-z}$$

s'approche d'une limite finie pour $k=\infty$. Donc $f(z)$ a une dérivée en tout point $z$ de $\mathfrak{G}$. Le théorème est démontré.

II. D'une manière analogue, on démontre le théorème suivant :

*Si les fonctions de la suite* (1) $f_1, f_2, \ldots$ *sont holomorphes dans* $\mathfrak{G}$, *si la suite converge en un point de* $\mathfrak{G}$, *et si la suite*

$$\varphi_n(x, y)=\frac{f_n(x)-f_n(y)}{x-y}$$

*converge quasi uniformément sur l'ensemble* $(x, y)$, $x$ *et* $y$ *appartenant à* $\mathfrak{G}$, *alors la suite* (1) *converge vers une fonction* $f$, *holomorphe dans* $\mathfrak{G}$, *et l'on a*

$$\lim_{n=\infty} f'_n(z)=f'(z)$$

*en tout point de* $\mathfrak{G}$.

III. *Si la suite* (1) *converge vers une fonction $f$, holomorphe dans $\mathfrak{D}$, et si la suite*

$$f_1'(z), \quad f_2'(z), \quad \ldots \quad f_n'(z), \quad \ldots$$

*converge quasi uniformément sur tout ensemble borné et fermé de $\mathfrak{D}$, on a*

$$\lim_{n=\infty} f_n'(z) = f'(z)$$

*en tout point de $\mathfrak{D}$.*

En effet, $f_n'(z)$ s'approche d'une fonction *continue* $\chi(z)$.

D'après un théorème connu de M. Paul Montel, tout domaine de $\mathfrak{D}$ contient un domaine $\mathfrak{D}'$ dans lequel la convergence de (1) est uniforme, de sorte que, dans $\mathfrak{D}'$, on a

$$\chi(z) = f'(z).$$

Puisque les fonctions $\chi$ et $f'$ sont continues et que les points où $\chi = f'$ forment un ensemble partout dense dans $\mathfrak{D}$, on a, dans tout le domaine $\mathfrak{D}$, $\chi = f'$.

MÉCANIQUE. — *Sur la période des conduites possédant une poche d'air.* Note de M. **Foch**, présentée par M. Rateau.

J'ai, dans une Note précédente, établi la relation liant la période propre d'une conduite horizontale, à caractéristique unique et pourvue d'une poche d'air à son extrémité aval, aux constantes de la conduite.

Je vais traiter le même problème dans le cas d'une poche d'air placée en un point quelconque; je conserverai les notations précédentes.

Soient $L_1$ et $L_2$ les longueurs des portions de la conduite situées respectivement en amont et en aval de la poche.

On a, à la partie amont, en comptant les distances à partir de la poche d'air,

$$y_1 = y_0 + F_1\left(t + \frac{x}{a}\right) - F_2\left(t - \frac{x}{a}\right),$$

$$v_1 = -\frac{g}{a}\left[F_1\left(t + \frac{x}{a}\right) + F_2\left(t - \frac{x}{a}\right)\right].$$

La constante de la pression à l'extrémité amont donne

$$F_2(t) = F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right).$$

Donc à la poche d'air on a

$$y_1 = y_0 + F_1(t) - F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right),$$

$$v_1 = -\frac{g}{a}\left[F_1(t) + F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right)\right].$$

Prenons la partie aval : en comptant les distances à partir du distributeur, et en exprimant que ce dernier est fermé brusquement au temps o, on a

$$G_1(t) + G_2(t) = 0.$$

Par suite, on a à la poche d'air

$$y_2 = y_0 + G_1\left(t + \frac{L_2}{a}\right) + G_2\left(t - \frac{L_2}{a}\right),$$

$$v_2 = -\frac{a}{g}\left[G_1\left(t + \frac{L_2}{a}\right) - G_2\left(t - \frac{L_2}{a}\right)\right].$$

Exprimons que la pression a une valeur unique à la poche d'air :

(1) $$F_1(t) - F_1\left(t - \frac{2L_1}{a}\right) = G_1\left(t + \frac{L_2}{a}\right) + G_2\left(t - \frac{L_2}{a}\right).$$

Si $F(t) = \sin mt$, le premier membre de l'équation (1) est de la forme

$$2A \sin\frac{mL_1}{a}\cos m\left(t - \frac{L_1}{a}\right).$$

Par suite, $G(t)$ est de la forme $B\cos(mt + \varphi)$, B et $\varphi$ étant tels que l'on ait, quel que soit $t$,

$$A \sin\frac{mL_1}{a}\cos m\left(t - \frac{L_1}{a}\right) = B \cos\frac{mL_1}{a}\cos m\left[\left(t - \frac{L_2}{a}\right) + \varphi\right],$$

$$A \sin\frac{mL_1}{a} = B\cos\frac{mL_2}{a}.$$

Or, à la poche d'air, la condition de continuité s'écrit, pour de petites oscillations,

$$v_1 - v_2 = \frac{-\alpha}{S}\frac{d}{dt}\left(y^{-\frac{1}{\gamma}}\right) = \frac{u_0}{S y_0 g}\frac{d}{dt}(y - y_0).$$

Par suite,

$$\frac{g}{a}\left[A\cos\frac{mL_1}{a}\sin m\left(t - \frac{L_1}{a}\right) + B\sin\frac{mL_2}{a}\sin m\left(t - \frac{L_1}{a}\right)\right]$$

$$= \frac{mu_0}{S y_0 \gamma} A \sin\frac{mL_1}{a}\sin m\left(t - \frac{L_0}{a}\right),$$

$$\cot\frac{mL_1}{a} + \operatorname{tang}\frac{mL_2}{a} = a\frac{mu_0}{gS\gamma y_0},$$

relation qui, pour $L_2 = 0$, donne la relation de la Note précitée

$$m \operatorname{tang} \frac{mL}{a} = \frac{Sg\gamma y_0}{au_0}.$$

On remarquera l'analogie entre les vibrations d'une conduite munie d'une poche d'air et celle d'une antenne pourvue d'un condensateur.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Traitements thermiques d'alliages d'aluminium.* Note [1] de M. **Grard**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Les alliages étudiés avaient la composition moyenne suivante :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Cuivre | 3,5 | à | 4 | pour 100 |
| Magnésium (environ) | 0,5 | | | » |
| Manganèse | 0,5 | à | 1 | » |
| Aluminium + impuretés | par différence. | | | |

Ils correspondent au type alliage léger à haute résistance dit « Duralumin ».

L'étude des variations des caractéristiques mécaniques de l'alliage écroui en fonction de la *température de chauffage* après écrouissage et de la *vitesse de refroidissement* consécutive à ce chauffage a donné des résultats que la présente Note a pour objet d'exposer :

*a. Mode de chauffage.* — L'alliage a été porté par immersion dans l'huile ou dans le bain de sel (azotite de soude, azotate de potasse) à des températures croissant de 50° en 50°, depuis la température ordinaire jusqu'à la température de 500°.

*b. Mode de refroidissement.* — Trois vitesses de refroidissement après chauffage ont été adoptées, à savoir :

*Vitesse n°* 1 ou refroidissement très lent dans l'enceinte thermique (100° au maximum d'abaissement de température à l'heure);

*Vitesse n°* 2 ou refroidissement à l'air;

*Vitesse n°* 3 ou refroidissement par immersion dans l'eau à 20°, ce qui correspond à la trempe à l'eau.

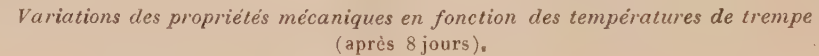
Dans l'intervalle de 8 jours consécutif au refroidissement, des essais ont été exécutés et ont montré que l'état moléculaire ne subissait pas à l'air

---

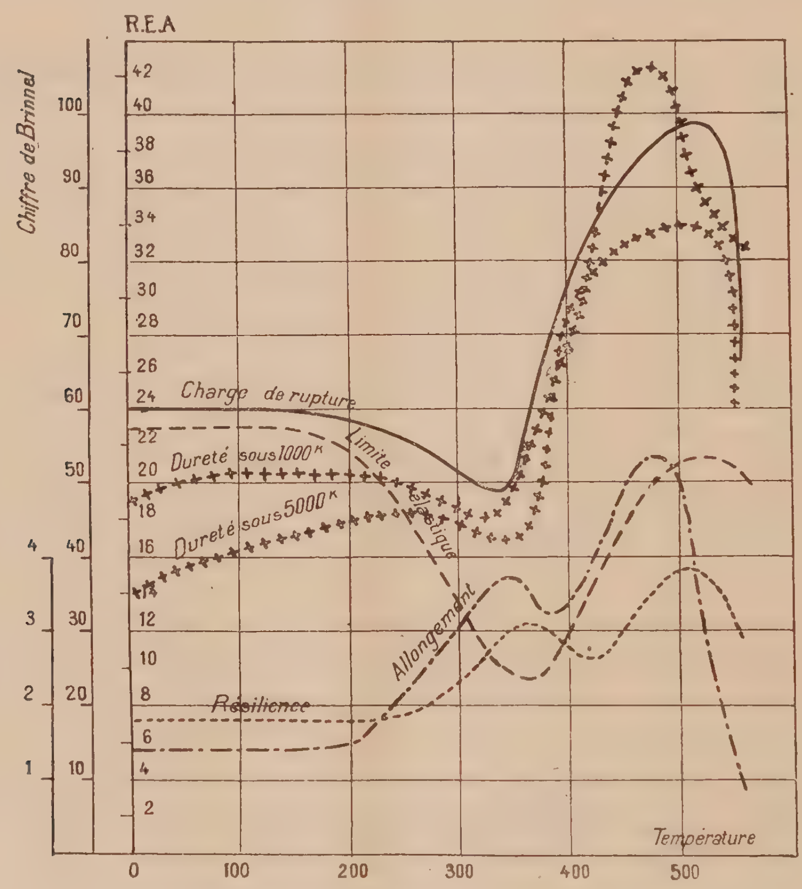
[1] Séance du 22 septembre 1919.

libre de modification dans ledit intervalle quand on avait adopté la vitesse de refroidissement n° 1 définie ci-dessus.

Au contraire, l'emploi des vitesses n° 2 et n° 3 entraîne à l'air libre dans ces 8 jours des modifications moléculaires qui sont plus profondes dans le



*Variations des propriétés mécaniques en fonction des températures de trempe* (après 8 jours).




cas de la vitesse n° 3 (trempe à l'eau) que dans le cas de la vitesse n° 2 (refroidissement à l'air). Ces modifications, sensiblement nulles pour les températures de chauffage comprises entre 0° et 300°, s'accentuent pour ces deux vitesses avec l'élévation de température de chauffage.

Au bout de 8 jours, les caractéristiques mécaniques sont demeurées sensiblement stationnaires, sans qu'on puisse actuellement préjuger des variations éventuelles dans l'avenir, quelles que soient la température de

chauffage et la vitesse de refroidissement, 8 jours après le moment où le refroidissement avait été obtenu.

Les expériences entreprises mettent en évidence, pour les trois vitesses de refroidissement envisagées, deux températures de chauffage particulières, à savoir :

Chauffage à 350° et chauffage à 475°.

A chacune de ces températures et pour l'une quelconque des trois vitesses de refroidissement correspond, d'une part, un maximum des allongements et des résiliences; d'autre part, un minimum des autres caractéristiques mécaniques (résistance, limite élastique, dureté) pour le chauffage à 250°, et un maximum de ces dernières caractéristiques pour le chauffage à 475°.

Les Tableaux ci-après dans lesquels :

R = charge la plus élevée atteinte au cours de l'essai exprimé en kilogrammes par millimètre carré de la section initiale;

E = limite apparente d'élasticité;

A = allongement pour 100 après rupture en appliquant la formule de similitude $\frac{L^2}{S} = 66,67$ (L étant la longueur entre repères et S la section initiale du barreau);

$\rho$ = résilience ou nombre de kilogrammètres rapporté au centimètre carré de section nécessaire pour amener la rupture par choc d'un barreau $10 \times 10 \times 53,3$ avec entaille médiane de $2^{mm}$ de largeur, $2^{mm}$ de profondeur et fond arrondi de $1^{mm}$ de rayon,

résument les résultats :

*Recuit à 250°.*

| | Vitesse de refroidissement | | |
|---|---|---|---|
| Caractéristiques. | n° 1. | n° 2. | n° 3. |
| R.............. | 20 K. | 20 K. | 20 K. |
| E.............. | 6 K. | 7 K. | 9 K. |
| A.............. | 20 pour 100 | 20 pour 100 | 15 pour 100 |
| $\rho$.............. | 6 | 4 à 5 | 3 |

*Recuit à 475°.*

| | Vitesse de refroidissement | | |
|---|---|---|---|
| Caractéristiques. | n° 1. | n° 2. | n° 3. |
| R.............. | 28 K. | 32 K. | 40 K. |
| E.............. | 12 K. | 18 K. | 20 K. |
| A.............. | 16 pour 100 | 18 pour 100 | 20 pour 100 |
| $\rho$.............. | 4 | 4 | 4 |

Deux traitements sont ainsi mis en évidence, à savoir :

1° Le traitement donnant au métal le maximum de malléabilité ou *traitement d'adoucissement* correspondant au chauffage à 350° avec vitesse de refroidissement n° 1 de 100° à l'heure;

2° Le traitement donnant au métal les *propriétés* de résistance maximum ou *traitement final* correspondant au chauffage à 475° avec vitesse de refroidissement n° 3 ou trempe à l'eau.

*Double trempe à 475°.* — La *double trempe* à 475°, effectuée chaque fois dans les conditions indiquées précédemment, donne au duralumin les caractéristiques suivantes :

$$R = 40, \qquad E = 23, \qquad A = 22 \text{ pour } 100, \qquad \rho = 5.$$

ce qui constitue le traitement thermique final *optimum*.

La pratique industrielle du *recuit d'adoucissement* (recuit à 350°, avec vitesse de refroidissement n° 1 ou de 100° à l'heure) qui vient d'être mise en essai sur ces indications a montré que ce traitement *intermédiaire* présentait un intérêt réel pour le travail d'étirage, d'emboutissage, assurant à la fois le minimum de déchets, le maximum de travail et le maximum de conservation de l'outillage.

Ci-dessus un diagramme de propriétés mécaniques correspondant aux divers chauffages suivis de la vitesse de refroidissement n° 3 ou *trempe à l'eau*, mettant en évidence les maximum et minimum pour ce traitement thermique particulier.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Latitudes héliographiques des protubérances solaires* (1880-1918). Note (¹) de M. **A. Riccò**, présentée par M. Deslandres.

Les protubérances solaires sont liées aux taches par leur nombre, leur position et l'époque de leur apparition; mais le lien n'est pas extrêmement étroit. En effet, on sait que ces deux phénomènes solaires ont la même période undécennale de fréquence, avec les maxima et les minima à peu près aux mêmes époques; mais les positions occupées par les taches et les protubérances et leur distribution à la surface du Soleil sont différentes.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un résumé des observations

---

(¹) Séance du 15 septembre 1919.

spectroscopiques des protubérances faites aux Observatoires de Palerme et de Catane, par moi-même ou sous ma direction, pendant quarante ans, c'est-à-dire pour plus que trois périodes undécennales de l'activité solaire.

Ce résumé présente les latitudes héliographiques moyennes annuelles de ces phénomènes comparées à celles des taches, données par l'Observatoire de Palerme et par l'Observatoire de Greenwich dans les *Monthly Notices* (Mar. 1902-1916 et 1919).

La Table numérique et, mieux encore, la représentation graphique d'après les latitudes ci-dessous présentées, font voir ce qui suit :

1° L'allure générale des latitudes des protubérances est semblable à celle des taches;

2° Mais les latitudes moyennes des protubérances sont toujours plus élevées que celles des taches (de 15° à 30°);

3° Les minima des latitudes des protubérances ont lieu un peu après les maxima de leur fréquence (max.) dans la période undécennale et les maxima des latitudes ont lieu près de l'époque des minima (min.) de la fréquence, en accord avec la loi de Carrington et de Spörer pour les latitudes des taches.

Mais j'ai démontré [1] que la distribution des protubérances en latitude sur la sphère solaire est tout à fait différente de la distribution des taches. En effet, les taches ne sortent presque jamais des zones, dites *royales*, entre ± 35°; au contraire, les protubérances peuvent apparaître à toutes les latitudes, même sur les régions polaires du Soleil. Les taches ont un seul maximum de fréquence en chaque hémisphère, les protubérances en ont généralement deux : l'un est stable et coïncide à peu près avec la zone des taches, sur laquelle apparaissent aussi les protubérances éruptives ou métalliques, qui accompagnent souvent les formations et les transformations des taches; l'autre zone des protubérances change de latitude, en partant d'environ ± 40° à l'époque de moindre fréquence et en remontant jusqu'aux régions polaires, où elle arrive à l'époque des maxima de fréquence; cette zone contient les protubérances quiescentes, hydrogéniques. Dans ce mouvement aussi il y a une certaine analogie avec ce qui arrive pour les taches.

Cette complication de la distribution des protubérances explique pourquoi les irrégularités des courbes des latitudes moyennes des protubérances sont un peu plus fortes que celles des taches.

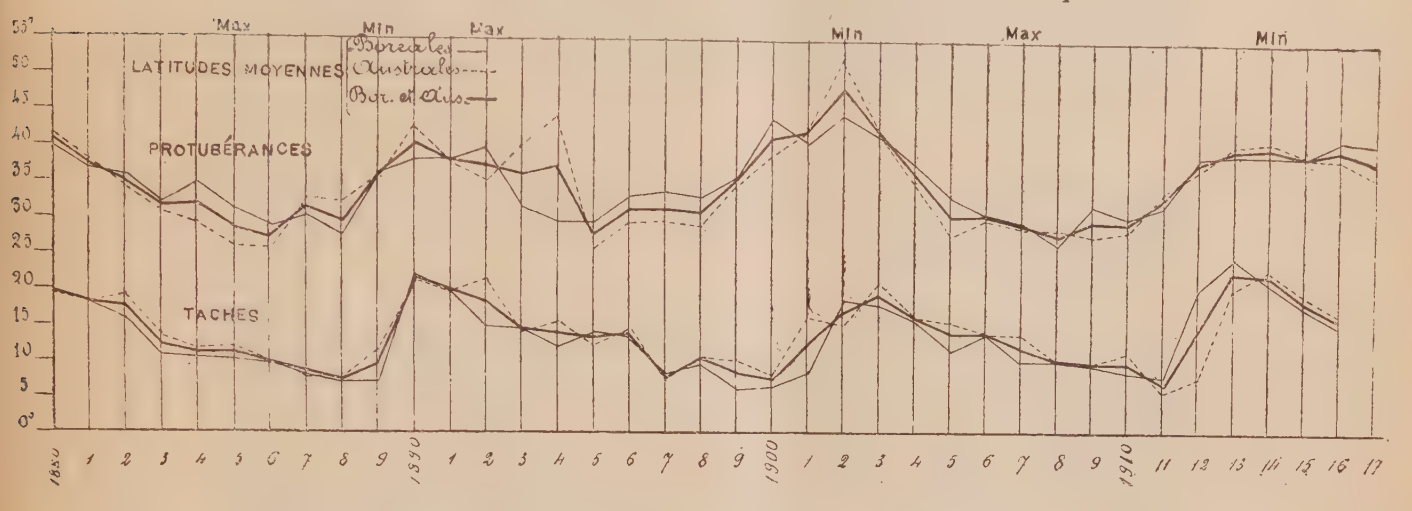
---

[1] *Memorie della Soc. dei Spettr. Ital.*, 2e série, vol. 3, 1914, p. 17.

| | Latitudes héliographiques moyennes. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Taches (Palerme et Greenwich). | | | Protubérances (Palerme et Catane). | | | |
| | Boréales. | Australes. | ½ (B + A). | Boréales. | Australes. | ½ (B + A). | Fréquence. |
| | | *Palerme.* | | | *Palerme.* | | |
| 1880.... | 20,0 | 19,5 | 19,7 | 39,9 | 41,6 | 40,7 | |
| 1881.... | 18,2 | 18,3 | 18,3 | 36,7 | 37,8 | 37,2 | |
| 1882.... | 16,0 | 19,3 | 17,6 | 35,8 | 34,2 | 35,0 | |
| 1883.... | 11,0 | 13,9 | 12,5 | 32,2 | 30,8 | 31,5 | |
| 1884.... | 10,7 | 11,7 | 11,2 | 35,0 | 29,3 | 32,1 | |
| 1885.... | 10,5 | 12,4 | 11,5 | 31,1 | 26,2 | 28,6 | max. |
| 1886.... | 9,9 | 10,5 | 10,2 | 28,8 | 25,9 | 27,3 | |
| 1887.... | 8,8 | 8,3 | 8,6 | 30,4 | 32,9 | 31,7 | |
| 1888.... | 7,1 | 7,5 | 7,3 | 27,7 | 32,3 | 30,0 | |
| 1889.... | 7,3 | 11,9 | 9,6 | 36,4 | 35,7 | 36,1 | min. |
| 1890.... | 22,2 | 21,7 | 22,0 | 38,5 | 42,9 | 40,1 | |
| | | *Greenwich.* | | | *Catane.* | | |
| 1891.... | 20,5 | 19,9 | 20,2 | 38,5 | 37,9 | 38,2 | |
| 1892.... | 15,1 | 21,7 | 18,4 | 39,8 | 35,5 | 37,6 | max. |
| 1893.... | 14,9 | 14,3 | 14,6 | 31,9 | 40,4 | 36,1 | |
| 1894.... | 12,3 | 15,6 | 14,0 | 29,7 | 44,3 | 37,0 | |
| 1895.... | 14,3 | 12,5 | 13,4 | 29,5 | 26,0 | 27,7 | |
| 1896.... | 13,6 | 14,8 | 14,2 | 33,4 | 29,5 | 31,5 | |
| 1897.... | 8,3 | 7,7 | 8,0 | 33,9 | 29,6 | 31,8 | |
| 1898.... | 9,8 | 10,8 | 10,3 | 33,1 | 29,0 | 31,0 | |
| 1899.... | 6,2 | 10,4 | 8,3 | 36,1 | 34,6 | 35,3 | |
| 1900.... | 6,6 | 8,3 | 7,4 | 44,2 | 38,9 | 41,5 | |
| 1901.... | 8,6 | 16,3 | 12,5 | 40,6 | 42,6 | 41,6 | |
| 1902.... | 18,8 | 15,2 | 17,0 | 44,6 | 52,2 | 48,4 | min. |
| 1903.... | 18,1 | 21,2 | 19,6 | 41,5 | 42,7 | 42,1 | |
| 1904.... | 16,3 | 16,9 | 13,7 | 37,7 | 35,2 | 36,5 | |
| 1905.... | 11,7 | 15,6 | 13,6 | 33,0 | 27,7 | 30,3 | |
| 1906.... | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 30,9 | 29,9 | 30,4 | |
| 1907.... | 10,1 | 13,8 | 11,9 | 29,6 | 28,6 | 29,1 | max. |
| 1908.... | 10,4 | 10,3 | 10,4 | 26,4 | 28,7 | 27,5 | |
| 1909.... | 9,4 | 9,9 | 9,6 | 31,9 | 27,5 | 29,7 | |
| 1910.... | 8,6 | 11,2 | 9,9 | 30,3 | 28,3 | 29,3 | |
| 1911.... | 7,9 | 6,0 | 7,0 | 31,9 | 33,8 | 32,8 | |
| 1912.... | 20,5 | 7,8 | 14,1 | 38,7 | 37,0 | 37,9 | |
| 1913.... | 24,8 | 20,1 | 22,5 | 39,0 | 40,4 | 39,7 | |
| 1914.... | 21,1 | 23,1 | 22,1 | 39,0 | 41,0 | 40,0 | min. |
| 1915.... | 18,0 | 19,7 | 18,8 | 38,9 | 38,4 | 38,7 | |
| 1916.... | 15,1 | 16,8 | 16,0 | 41,3 | 38,5 | 39,9 | |
| 1917.... | » | » | » | 41,0 | 35,6 | 38,3 | |
| 1918.... | » | » | » | 24,6 | 36,0 | 30,3 | |

Néanmoins on peut voir que, même dans les détails, il y a presque toujours une certaine correspondance entre les deux sortes des courbes.

Et il faut remarquer que l'on a obtenu ces résultats, quoique la méthode d'observation des taches soit bien différente de celle suivie pour les protubérances. En effet, on observe directement les taches sur le disque solaire




pendant la demi-rotation du Soleil; au contraire, on observe les protubérances avec le spectroscope seulement à leurs passages aux bords solaires. Quant aux irrégularités des latitudes moyennes annuelles des protubérances, il faut dire aussi qu'elles disparaissent presque complètement dans les moyennes des périodes undécennales, comme disparaissent de même les inégalités des rapports de la fréquence de ces phénomènes sur les deux hémisphères solaires.

En effet, j'ai obtenu [1] :

| Années. | Latitudes héliographiques — boréales. | australes. | $\frac{1}{2}$(B + A). | Fréquence, B : A. |
|---|---|---|---|---|
| 1880 à 1890...... | 33°,9 | 33°,6 | 33°,8 | 0,89 |
| 1891 à 1901...... | 35,5 | 35,4 | 35,4 | 0,90 |
| 1902 à 1912...... | 34,4 | 34,6 | 34,1 | 0,90 |

De ces faits, il semble que l'on peut tirer la conclusion que la cause première de la périodicité des phénomènes solaires est la même pour tous et agit régulièrement et de la même manière pour les produire et pour les

(1) *Memorie ecc., loc. cit.*

déplacer dans le même sens avec une sorte de fluctuation qui se manifeste sur toute la surface solaire; le mouvement principal est celui des taches et des facules ou *flocculi*, plus importants, et des protubérances éruptives ou métalliques dans les zones équatoriales; l'autre est secondaire, comme un remous des facules ou *flocculi*, moins importants, et des protubérances quiescentes ou hydrogéniques qui se propagent des zones de latitude moyenne en remontant jusqu'aux régions polaires du Soleil.

ÉLECTRICITÉ. — *Thermo-électricité du mercure liquide démontrée au moyen du galvanomètre.* — Note (¹) de M. **Carl Benedicks**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

1. Dans une Note antérieure (²) j'ai fait voir que, par un arrangement spécial, des courants thermoélectriques « de première espèce » peuvent être démontrés dans le mercure liquide, soumis à une chute de température asymétrique; le signe de cet effet thermo-électrique est négatif, tandis que le cuivre, par exemple, est positif (³). Au contraire, je n'avais pas réussi à démontrer sûrement cette force électromotrice au moyen du galvanomètre; il était difficile de trouver, pour le vase contenant le mercure, une forme et une substance qui permettent d'obtenir un étranglement effectif.

M. H. Haga (⁴), il y a peu de temps, a eu l'idée de surmonter cette difficulté en se servant de deux jets de mercure intercroisés dont l'un est chauffé. Or, selon M. Haga, les résultats obtenus ne confirment pas l'existence de courants thermo-électriques de première espèce dans le cas du mercure. De plus, M. G. Borelius (⁵) attribue les courants thermo-électriques que j'ai observés à une anomalie hypothétique de la surface même des métaux solides.

Je me suis remis à l'étude de cette question, et je me permettrai de signaler ici les résultats obtenus.

---

(¹) Séance du 15 septembre 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 426.

(³) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 751; t. 165, 1917, p. 391. Exposé détaillé : *Ann. d. Physik*, t. 55, 1918, p. 1-80, 103-150.

(⁴) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Amsterdam, 29 mars 1919 (selon une communication privée de M. Haga).

(⁵) *Ann. d. Physik*, 1919.

2. Un galvanomètre pour lequel $1^{mm} = 4,8.10^{-9}$ volt (résistance 12,7 ohms) présente une sensibilité suffisante. La méthode d'étranglement stationnaire, bien préférable pour la sûreté des résultats, est réalisée au moyen d'un vase en une substance facile à façonner et à conduction thermique faible. Ainsi un crayon d'ardoise A.-W. Faber est évidé suivant l'axe de façon à présenter deux trous de $3^{mm}$, séparés par une paroi très mince, qui est perforée d'un trou très fin ($0^{mm},3$); à la périphérie, exactement au milieu, une incision très aiguë est pratiquée au tour. Ce canal étranglé communique avec le galvanomètre par de longs tubes de verre.

On a obtenu des déviations régulières de $13^{mm}$ pour une différence de température $\Delta t = 150^\circ$ C., en renversant $\Delta t$ par le déplacement d'un microbec à gaz qui chauffe l'un ou l'autre côté de l'étranglement. Des déviations nettes quoique petites ($2^{mm}$ pour $\Delta t = 182^\circ$) ont été obtenues au moyen d'un appareil entièrement en verre.

La plus grande difficulté éprouvée fut d'obtenir des $\Delta t$ notables tout en conservant la continuité de la colonne de mercure. Cette difficulté fut surmontée en fabriquant le vase étranglé en asbeste : les gaz, qui souvent se dégagent à l'endroit chauffé, peuvent sortir par les parois perméables, sans rompre la colonne de mercure.

3. On a constaté, dans tous les cas, que l'effet est, pour le mercure, de signe contraire à celui du cuivre; il a, par conséquent, la direction théoriquement prévue.

L'effet Seebeck entre le mercure sous pression et le mercure sans pression, ainsi que celui qui pourrait se faire sentir aux électrodes, ne peut pas intervenir, tous les deux étant de signe contraire à l'effet constaté. La substance du vase a été trouvée sans influence appréciable sur le résultat.

4. Un point remarquable est que l'intensité $u$ des forces thermo-électriques de première espèce du mercure augmente bien plus rapidement que les chutes de température. En effet, avec trois appareils différents, on a trouvé, entre $u$ et la différence double de température $2\Delta t$, la relation

$$u = 8.k.(\Delta t)^3,$$

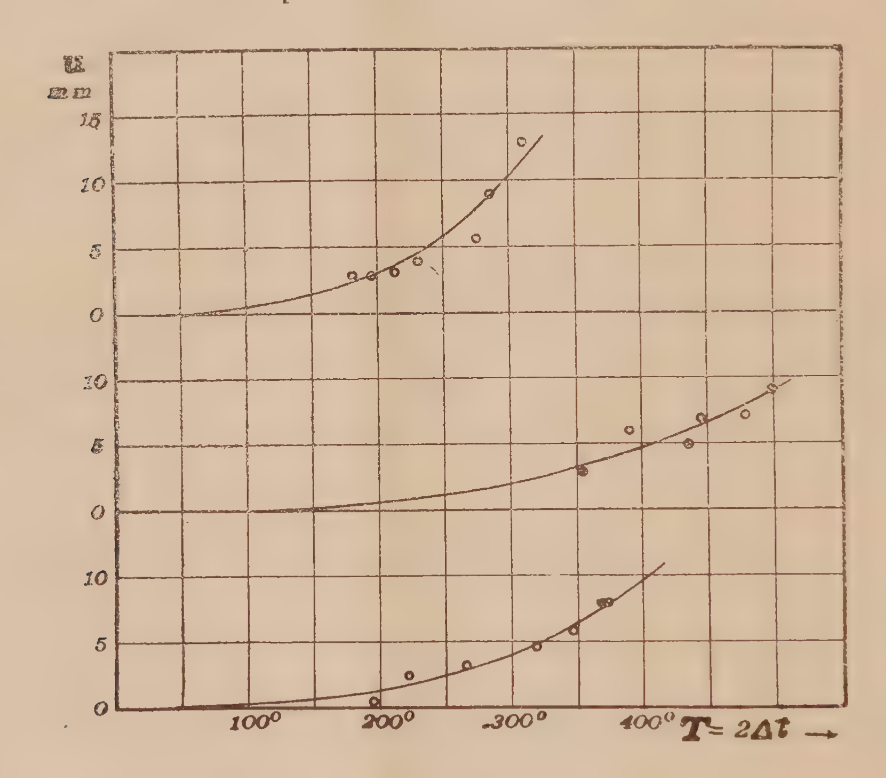
$k$ étant, pour un métal donné, une constante caractéristique du vase à étranglement employé. Les résultats des observations sont reproduits sur la figure; les courbes sont calculées selon la formule. En évaluant $u$ en

microvolts et $\Delta t$ en degrés centigrades, on a obtenu des valeurs

$$k = 0,3.10^{-9} - 1,9.10^{-9}$$

($k = 10^{-9}$ et $\Delta t = 300°$ donnent par exemple $u = 0,2$ microvolt $= 40^{mm}$).

La formule cubique trouvée fait voir que, si une différence de température donnée existe entre deux points dont la distance est $0^{mm},1$, la force thermo-




électrique de première espèce sera 1000 fois plus grande que si cette distance est $1^{mm}$. Cela fait comprendre pourquoi c'est seulement en présence d'une chute de température excessivement brusque que les forces thermo-électriques en question ont une intensité suffisante pour les rendre faciles à constater.

5. Les résultats négatifs des anciens observateurs (Emmet, Matteucci, Henrici, Magnus, Gaugain, Braun) se comprennent facilement. Quant aux essais de M. Haga, il faut remarquer que, avec des jets aussi fins que ceux employés par ce savant ($0^{mm},1$), la surface de contact sera toujours relativement considérable et l'étranglement, par conséquent, peu effectif; comme

d'ailleurs la sensibilité du galvanomètre n'était que $\frac{1}{5}$ de celle employée ici, l'effet a dû être difficile à observer, d'autant plus que l'effet de pression était considérable. Néanmoins, le surplus de déviation ($1^{mm},5$) qu'a obtenu M. Haga, lorsque le contact était aussi petit que possible, correspond aussi bien en grandeur qu'en direction à ce qui a été établi dans le présent travail : le résultat de M. Haga ne fait qu'en donner une confirmation.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur les lueurs produites par le tir de l'artillerie. Procédé général d'extinction de ces lueurs.* Note de M. **Delpech**, présentée par M. H. de Chardonnet.

Les vives lueurs produites par les coups de canon empêchent parfois l'artillerie de poursuivre efficacement son action. Sur terre, pendant la nuit, ces lueurs permettent à l'adversaire de repérer rapidement l'emplacement des batteries ; sur mer, ces lueurs éblouissent les pointeurs.

L'énorme globe de flammes incandescentes qui se forme à la bouche des canons au moment du tir provient de la combustion violente et instantanée des masses d'oxyde de carbone et de méthane qui s'enflamment spontanément au contact de l'air en formant avec l'oxygène un véritable mélange détonant; cette explosion secondaire produit l'éclair lumineux, c'est elle qui contribue à rendre si puissant le « souffle » des grosses pièces d'artillerie.

Cette théorie explicative du mode de formation des lueurs découle clairement des observations suivantes :

En suivant, la nuit, le tir d'une pièce de $75^{mm}$ de campagne, on observe que les éclairs lumineux se produisent à tous les coups lorsque la pièce est chargée avec des poudres à haute température de combustion genre balistites; lorsque la même pièce est chargée en poudre B, dont la température de combustion est moins haute, les lueurs se trouvent atténuées. En tirant dans un canon de 75 de marine, dont la longueur d'âme est beaucoup plus grande (40 fois le calibre), on observe que les gaz des mêmes charges de poudre B ne s'enflamment plus au contact de l'air; ils se trouvent suffisamment refroidis par la détente pour ne plus pouvoir s'enflammer spontanément à l'air.

Dans le cas des armes de petit calibre on observe que la cartouche réglementaire de $8^{mm}$ produit ou ne produit pas de lueurs suivant que l'arme est à canon court ou à canon long. Le mousqueton et les mitrailleuses, dont les canons sont courts, produisent les lueurs à tous coups; le tir du fusil, dont le canon est plus long, ne produit pas de lueurs, mais on peut les provoquer en surélevant les températures des gaz, en ajoutant à la poudre une petite quantité de perchlorate d'ammoniaque ou d'aluminium porphyrisé.

La haute température des gaz provenant de la charge de poudre apparaît

donc comme étant la cause déterminante de la formation de la lueur, c'est-à-dire de l'autoinflammation des gaz au contact de l'air; on est donc conduit à supposer qu'en refroidissant suffisamment les gaz de la poudre on doit arriver à empêcher la formation de la lueur. L'expérience a confirmé la théorie.

*Action des appoints antithermiques agissant physiquement.* — Une action antithermique peut être exercée en ajoutant aux charges de poudre des appoints de sels contenant de l'eau de cristallisation ou bien des appoints de sels pouvant absorber la chaleur en se décomposant dans le canon; cette action antithermique peut être exercée plus énergiquement en employant l'eau à l'état liquide sous forme d'appoints ([1]).

L'action des appoints d'eau aux charges de poudre a été examinée au double point de vue antilueur et antiérosif.

Comme antilueur, l'appoint d'eau n'agit efficacement que lorsque la flamme est facile à éteindre, dans le cas du canon de $75^{mm}$, par exemple; encore faut-il employer une dose d'eau élevée : $150^{cm^3}$.

L'action antiérosive de l'eau a été exactement mesurée par des tirs comparatifs dans deux canons de $90^{mm}$ : cette action est faible; les appoints d'eau agissent de façon incomplète, l'eau est entraînée dès le début de la déflagration et ne refroidit que la tête de la colonne des gaz qui pousse le projectile ([2]).

*Action des appoints antithermiques agissant chimiquement.* — Le carbone et le soufre, en réduisant le gaz carbonique provenant de la décomposition de la poudre, peuvent absorber de la chaleur :

$$CO^2 + C = 2\,CO - 68 \text{ cal.}$$
$$2\,CO^2 + S = 2\,CO + SO^2 - 119 \text{ cal.}$$

En fait, le carbone ne réagit dans le canon qu'à condition de pouvoir, en quelques millièmes de seconde, entrer molécule par molécule en contact avec les gaz de la poudre; à l'état solide combiné ou non : dans la naphtaline, le graphite, le charbon végétal, les résines, le carbone agit mal; même réduit en poudre très fine, ces corps restent toujours sous forme de grains et seules les molécules de la surface de ces grains entrent en contact

([1]) Les appoints liquides sont ajoutés dans un sac caoutchouté étanche.

([2]) L'action antiérosive a été mesurée au cours de tirs faits par la Commission d'Expériences de Bourges.

avec les gaz. Lorsque la matière carbonée est pâteuse ou liquide, comme dans la vaseline, les graisses, le pétrole, l'essence de térébenthine, l'entrée en contact intime peut s'établir plus aisément et avec elle l'action antithermique. C'est pour ces mêmes raisons que le soufre, même ajouté sous forme d'appoints de soufre en fleur aux charges, n'agit pas; il faudrait pouvoir introduire cet élément dans le corps même de la poudre.

Application : *Canons de* $75^{mm}$ *et de* $90^{mm}$. — Les lueurs produites par le tir de ces canons peuvent être aisément éteintes par un appoint de $20^{g}$ de vaseline aux charges de poudre.

Pour ces pièces, le graissage abondant du projectile peut même suffire pour assurer l'extinction des lueurs, les vitesses et pressions ne sont pas modifiées par ces appoints.

*Canon de* $37^{mm}$ *mitrailleuse-mousqueton.* — Le simple graissage du projectile permet d'assurer l'extinction de la lueur, la petite quantité de graisse qui enduit à chaque coup l'âme de ces pièces suffit pour réagir sur les gaz de façon à empêcher leur autoinflammation à l'air.

*Canons de gros calibre* $155^{mm}$. — L'extinction de la lueur est beaucoup plus difficile à réaliser dans le cas des gros canons; il s'agit de faire réagir les appoints carbonés sur d'énormes masses de gaz; pour assurer le contact il est nécessaire de répartir ces appoints sur toute la charge en graissant, par exemple, la surface entière des gargousses avec une quantité de graisse ou de vaseline correspondant aux 10 pour 100 du poids de la charge de poudre.

GÉOLOGIE. — *Quelques observations nouvelles sur les débris de nappe (klippes) de la plaine d'Alais (Gard).* Note de M. **Paul Thiéry**, présentée par M. Pierre Termier.

La révision des contours géologiques de la feuille *Alais* de la Carte géologique de la France à l'échelle de $\frac{1}{80000}$ m'a donné l'occasion de faire, sur les *débris de nappe*, ou *klippes*, de la plaine d'Alais, récemment décrits [1]

---

[1] P. Termier et G. Friedel, *Les débris de nappe, ou klippes, de la plaine d'Alais; lambeaux de calcaire urgonien mylonitique posés sur l'Oligocène* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1034).

par MM. Pierre Termier et Georges Friedel, un certain nombre d'observations intéressantes. Ces observations complètent celles de mes devanciers et corroborent d'une façon qui me semble définitive, l'explication que Marcel Bertrand a proposée, il y a près de vingt ans, et qu'ils ont eux-mêmes développée, précisée et soutenue, pour rendre compte de l'origine de ces étranges débris.

La *klippe* de la Liquière, décrite en détail dans la Note de MM. Termier et Friedel, est très loin d'être la plus volumineuse des *klippes* de la plaine d'Alais. Elle est bien dépassée, quant aux dimensions, par celle dont je vais parler. De plus, tandis que la *klippe* de la Liquière ne montre, dans la mylonite dont elle est formée, que du calcaire urgonien, le vaste *débris de nappe* que j'ai découvert se compose de deux terrains posés l'un sur l'autre : en haut, Urgonien généralement mylonitique; en bas, Hauterivien fossilifère, parfois intact sur de vastes étendues, le plus souvent mylonitique. Le tout, comme à la Liquière, repose sur le Tongrien, avec interposition d'une zone de mélange où les fragments de l'Eocrétacé sont enrobés dans les argiles et les sables oligocènes.

Le *débris* en question est situé dans la vallée de l'Avène, à 3$^{km}$ environ à l'est de la ville d'Alais. Bien qu'il soit coupé par deux grandes voies de communication, la route d'Uzès au Sud, la ligne de chemin de fer de l'Ardoise au Nord, il n'a pas été vu, dans son ensemble, par les auteurs de la feuille *Alais* : au lieu d'être représenté sur cette feuille tel qu'il est, il y est dessiné sous la forme de petits lambeaux séparés d'Urgonien, sans aucune indication d'Hauterivien. En réalité, on peut, en suivant la rive droite de l'Avène, marcher sur l'Urgonien plus ou moins mylonitique depuis les environs du Clos, au sud de la route d'Uzès, jusqu'au delà du point 141 (route d'Orange), sur une longueur totale de 3$^{km}$250, sans autre interruption que la traversée de quelques lambeaux d'alluvions récentes; la même mylonite urgonienne forme les monticules boisés qui dominent la rive gauche de l'Avène au sud-est de la Bedasse; près de la rivière, sur les deux rives, et, à la Bedasse, dans le lit même de l'Avène, on la voit reposer sur l'Hauterivien, ou sur la mylonite hauterivienne. Cet Hauterivien contient en abondance, et un peu partout, *Ostrea Couloni* et *Toxaster retusus*; il est traversé par la route d'Uzès sur une longueur d'environ 1$^{km}$500. Au total, le *débris*, formé de calcaire urgonien, plus ou moins brisé, reposant sur du calcaire hauterivien, plus ou moins brisé, a 3$^{km}$700 de longueur du Sud au Nord et 1$^{km}$800 de largeur maxima de l'Ouest à l'Est. On conviendra qu'il serait absurde de le considérer comme un bloc du conglomérat aquitanien.

Les caractères de la mylonite sont ceux qu'ont donnés MM. Termier et Friedel. Dans la mylonite urgonienne, il n'y a que de l'Urgonien brisé; il n'y a que de l'Hauterivien brisé dans la mylonite hauterivienne. On observe cependant, à la Bedasse, dans le lit de l'Avène, une mylonite mixte, où il y a des fragments de calcaire urgonien et d'autres de calcaire hauterivien. Nulle part, dans ces mylonites, il n'y a ni galet vraiment roulé, ni fragment provenant d'autres formations géologiques. Ce sont bien des mylonites, et non pas des brèches d'origine sédimentaire.

D'ailleurs, elles reposent sur le Tertiaire. La tranchée du chemin de fer de l'Ardoise, au nord-est de la Bedasse, est, à cet égard, tout à fait démonstrative.

On y voit, quand on va de l'Ouest à l'Est : d'abord la mylonite urgonienne de couleur très claire, chaos de blocs de toutes forme et dimension, enrobés dans un sable calcaire qui résulte lui-même de l'écrasement de la même roche urgonienne; puis, séparée de la mylonite urgonienne par une surface assez nette, plongeant d'une dizaine de degrés vers l'Ouest, la mylonite hauterivienne, de couleur plus grise, épaisse de quelques mètres; puis une zone de mélange, avec grands blocs d'Urgonien et d'Hauterivien, et débris des deux mylonites, reliés par des argiles et des sables évidemment identiques à ceux du substratum (cette zone de mélange a, dans la tranchée, de $1^m$ à $5^m$ d'épaisseur; elle plonge comme les mylonites); enfin, s'enfonçant sous la zone de mélange, qui le ravine, l'Oligocène (Tongrien) inaltéré, plongeant faiblement vers l'Ouest, formé, comme à la Liquière, de lits de sable jaune, de lits d'argile rougeâtre et de bancs de conglomérats à petits galets polygéniques.

Aucune autre explication de ces faits ne peut être imaginée que celle de MM. Termier et Friedel : *les klippes de la plaine d'Alais sont des débris posés sur le Tertiaire, d'une nappe d'Éocrétacé réduite presque entièrement à l'état de mylonite*. J'appelle l'attention des géologues sur ce fait que, dans la translation d'une pareille nappe et malgré l'écrasement presque général que cette nappe a subi, les deux étages sédimentaires, Urgonien et Hauterivien, sont demeurés distincts et ont gardé leur ordre de superposition.

BIOLOGIE. — *Le comportement de* Convoluta roscoffensis *en présence du rythme des marées*. Note (¹) de M^lle^ M. Goldsmith, présentée par M. Yves Delage.

La *Convoluta roscoffensis*, Turbellarié acœle des côtes de la Manche, a depuis longtemps attiré l'attention des travailleurs par son comportement en présence des marées. Geddes (1879) a montré le premier que les *Convoluta* présentent des oscillations périodiques, montant à la surface du sable à marée basse et s'enfonçant à marée haute; il a attribué le premier mouvement au phototropisme, le second à l'action de la pesanteur. Graff (1882 et 1891) est arrivé à la même conclusion. Haberlandt (1891) a attribué l'ascension au géotropisme négatif et l'enfoncement à l'inhibition de ce géotropisme par les secousses qu'impriment au sol les vagues montantes (on sait que les *Convoluta* sont très sensibles aux secousses, qui les font s'enfoncer rapidement dans le sable). Gamble et Keeble (1903) ont proposé une explication plus complexe. Ils ont assigné le premier rôle au géotropisme, qui changerait de signe suivant les conditions : négatif à la lumière et au repos, il deviendrait positif aussitôt que l'animal est soumis à l'agitation. La lumière interviendrait par une action tonique : prolongée au delà d'un certain optimum, elle plongerait l'animal dans une torpeur qui annihilerait son géotropisme négatif. Le choc des vagues agirait dans le même sens. Bohn (1903) a émis l'hypothèse qu'en s'enfonçant, les *Convoluta* évitaient le choc des vagues, tandis qu'en émergeant elles évitaient la dessiccation. Fühner (1906) a attribué aux *Convoluta* à l'état normal un phototropisme positif et un géotropisme négatif qui contribueraient tous les deux au mouvement d'émersion; le choc changerait le signe du phototropisme et causerait l'enfoncement. Martin (1909) a invoqué encore une fois le phototropisme comme cause du mouvement ascensionnel et un facteur psychique (la crainte du choc des vagues) comme cause du mouvement contraire.

Pour soumettre à une vérification plus précise le jeu des facteurs invoqués, j'ai fait un certain nombre d'observations sur le comportement des *Convoluta* sur place, dans les conditions de la nature, et diverses expériences sur l'action des facteurs ambiants, en particulier la lumière.

---

(¹) Séance du 15 septembre 1919.

La lumière paraît nécessaire aux *Convoluta* en raison de leur symbiose avec l'algue. Elle les attire énergiquement, et cela d'autant plus qu'elle est plus vive; un certain minimum d'éclairement (supérieur à celui strictement nécessaire pour observer les mouvements de l'animal) est nécessaire; l'optimum ne paraît pas différer du maximum. L'exposition préalable à l'obscurité rend la réaction plus nette et plus rapide. Le mouvement ne se fait pas suivant la direction des rayons : sur tous les points de la paroi d'un bocal présentant une étroite bande fortement illuminée par les rayons obliques du soleil couchant, tandis que le reste est éclairé par la lumière diffuse, la distribution des *Convoluta* reste uniforme. D'autre part, l'orientation ne se fait pas d'emblée et en ligne droite, mais en zig-zags et à la suite de mouvements très variés. Il ne s'agit donc pas là d'un véritable tropisme au sens de Loeb.

Les divers facteurs perturbateurs provoquent de la part des *Convoluta* une réaction toujours la même : une descente qui, dans les conditions naturelles, amène l'animal à s'enfoncer dans le sable. Parmi ces facteurs, le choc, les secousses peuvent être le plus facilement observés, mais il en est de même d'un certain nombre d'autres : dans les conditions du laboratoire, une élévation de température (25° ou 30° au lieu de 20°), un long séjour dans une eau non renouvelée, un sable rendu malsain par les matières organiques en décomposition, etc., diminuent toujours dans les bocaux le nombre d'animaux montés à la surface de l'eau ou aux parois. Un obscurcissement brusque les fait descendre, et il en est de même pour un éclairement brusque : lorsqu'on expose à la lumière des *Convoluta* ayant séjourné pendant assez longtemps à l'obscurité, elles esquissent d'abord un léger mouvement de descente, à la suite duquel l'ascension commence, nette et rapide. Il semble donc que le mouvement d'enfoncement soit une réaction générale et non spécifique à toute influence nocive. Dès lors, l'action des divers facteurs dans les mouvements rythmiques de ces animaux semble pouvoir se résumer ainsi :

L'*ascension* est due à l'attraction exercée par la lumière, attraction qui s'est élaborée au cours de l'évolution comme favorisant l'assimilation de l'algue et assurant ainsi à l'animal un métabolisme plus intense. L'*enfoncement* est dû non à des influences des tropismes les uns sur les autres, mais à l'intervention d'une influence défavorable *quelconque;* l'animal se comporte alors comme tous les êtres, qui, sous une telle influence, se réfugient dans leur abri naturel. Parmi ces influences nocives, certaines sont irrégu-

lières, d'autres périodiques; dans les conditions naturelles, une influence nocive périodique est surtout la dessiccation du sable. Ces observations suggèrent, sur le véritable caractère du rythme observé, des conclusions qui diffèrent de la manière de voir classique.

A l'île de Batz, en face de Roscoff, sur une plage de sable située sur la face sud de l'île, abritée contre les vagues du large, les *Convoluta* forment, dans les flaques d'eau que la mer laisse en se retirant, de vastes taches vertes. Lorsqu'on les observe pendant toute la durée de la marée basse, on constate qu'elles ont leur maximum d'étendue dans les premières heures et se réduisent ensuite de plus en plus : les couches supérieures du sable se desséchant, les *Convoluta* s'enfoncent sur place. Certaines mares disparaissent de vue vers la fin de la basse mer; mais lorsque la mer montante vient humecter le sable par dessous, les *Convoluta* reparaissent dans les creux, et cela en nombre de plus en plus grand. Au moment où la mer vient les recouvrir, elles sont toutes étalées, et il continue à en être ainsi aussi loin que l'œil peut les suivre dans l'eau. De même, lorsque la mer se retire, on commence à voir les taches vertes des *Convoluta* dans l'eau dès qu'elles ne sont plus qu'à la profondeur d'un mètre environ, et il est permis de supposer qu'elles sont ainsi restées au dehors pendant tout le temps de la marée haute.

Ces faits permettent de résumer les mouvements des *Convoluta* de la façon suivante. Elles restent étalées à la surface aussi longtemps qu'une couche d'eau suffisante les recouvre, c'est-à-dire toujours, sauf une période de temps qui se place vers la fin de la marée basse. Cette période se confondant pratiquement avec celle où la mer approche, on comprend qu'on ait été amené à expliquer les mouvements des *Convoluta* par l'action d'un facteur à venir, tandis qu'ils résultent en réalité d'une cause actuelle.

CYTOLOGIE. — *Dédifférenciation physiologique et rajeunissement cellulaire dans l'épithélium intestinal.* Note (¹) de M. F. **Ladreyt**, transmise par M. Edmond Perrier.

L'intégrité morphologique et fonctionnelle de l'épithélium intestinal n'est pas réalisée par une évolution unique, toujours et partout invariable, mais par un ensemble de processus très complexes, très polymorphes, tantôt

(1) Séance du 22 septembre 1919.

spécifistes (auto-rénovation), tantôt indifférentistes (hétéro-rénovation, dédifférenciation et rajeunissement cellulaires).

I. Je désigne sous le nom de dédifférenciation physiologique un ensemble de phénomènes d'où résulte la transformation fonctionnelle d'un élément; nous dirons qu'une cellule se dédifférencie lorsque, par des retours plus ou moins fréquents vers un état physiologique antérieur, elle présente, au cours de son évolution, une véritable alternance de fonction. Les formations muqueuses de l'épithélium intestinal nous fournissent un exemple typique de cette physiologie en quelque sorte interchangeable, car l'étude de leur évolution nous permet d'observer les étapes parcourues : 1° par une cellule à bordure en brosse avant d'atteindre sa transformation muqueuse; 2° par un élément caliciforme avant de se métamorphoser en cellule à plateau; de cette double dédifférenciation résulte l'alternance fonctionnelle des formations muco-épithéliales de l'intestin.

Deux ordres de phénomènes paraissent déterminés par la différenciation et l'accumulation progressive du mucus dans la cellule à plateau : d'une part, le noyau comprimé par le produit élaboré s'enfonce peu à peu dans le pied de cet élément; d'autre part, sous l'influence de la pression provoquée par l'accumulation muqueuse, la bordure en brosse subit une série de modifications qui se traduisent par l'atrophie des bulbes et des cils et la chute de ces éléments dans la lumière intestinale, chute vraisemblablement provoquée par la rupture des pièces intermédiaires. A ce stade de son évolution, la morphologie de notre élément primitivement cilié répond très exactement à celle de la cellule caliciforme classique. Quand cet élément a excrété le produit élaboré, la membrane cellulaire, qui s'était rompue pour livrer passage au mucus, se reforme à la surface de l'élément, tandis que le noyau, sous l'influence d'une sorte d'antéropulsion provoquée par le cytoplasme basal *indifférencié*, *non transformé*, devient plus ou moins médian. C'est à ce moment que se produit, dans *certaines* formations caliciformes, une nouvelle dédifférenciation qui transforme la cellule muqueuse en cellule à plateau.

Cette transformation paraît débuter par de multiples divisions du diplosome; chacun des éléments néoformés se disposant sur une ligne perpendiculaire à la membrane cellulaire (extrémité apicale), il se développe une double rangée de granulations sidérophiles dont les supérieures forment les bulbes, les inférieures les corpuscules basaux, tandis que les

filaments perpendiculaires qui réunissent les granulations constituent les pièces intermédiaires; quant aux cils, ils sont formés, vraisemblablement, par une très fine expansion émanée du bulbe : une nouvelle bordure en brosse s'est donc totalement reconstituée aux dépens du diplosome, et ce phénomène, dont les phases sont plus ou moins synchroniques avec les remaniements du cytoplasme et du noyau, donne naissance à une cellule ciliée.

II. Certains épithéliums digestifs présentent ce fait paradoxal que les phénomènes de dégénérescence l'emportent de beaucoup sur les faits de régénération; la question s'est donc posée de savoir comment ces tissus, dont les éléments paraissent ne se rénover que très rarement, réparent les brèches résultant de leur activité physiologique. Certains histologistes ont considéré les cellules épithéliales binucléées comme de véritables éléments rénovateurs dont l'amitose serait la forme habituelle de division. Cette conception me paraît d'autant moins admissible que l'appareil binucléaire des cellules intestinales est, le plus souvent, constitué par un noyau épithélial et le noyau d'un leucocyte dont les éléments se sont greffés dans le cytoplasme épithélial; ces faits sont à rapprocher de ceux que Guieysse-Pellissier a étudiés sous le nom de *Caryoanabiose* et de *greffe nucléaire*. Voici en quoi consiste ce phénomène : un leucocyte pénètre dans une cellule plus ou moins sénescente (sommet des villosités, par exemple); le cytoplasme de l'élément migrateur s'assimile (*ad similare*) à celui de la cellule épithéliale, tandis que son noyau remplace le noyau épithélial dégénéré qui disparaît par fonte progressive dans le cytoplasme ambiant. Ce double apport, cytoplasmique et nucléaire, paraît déterminer, dans la cellule intestinale, une sorte d'excitation qui se traduit par le rajeunissement de l'élément tout entier. Deux faits principaux m'ont amené à considérer le rajeunissement cellulaire comme la résultante de la greffe leucocytaire : 1° l'amibocyte pénètre dans une cellule plus ou moins anormale; à ce stade, sa chromatine est contractée et tout l'élément est isolé dans une vacuole réactionnelle; 2° dans les cellules où le noyau épithélial est tout à fait dégénéré, les caractères de sénescence du cytoplasme ont disparu, tandis que le cytoplasme et le noyau leucocytaires présentent la même morphologie que les constituants de la cellule épithéliale.

*Conclusions.* — A. Les cellules à plateau et les éléments muqueux de

l'intestin sont génétiquement dépendants et présentent une alternance de fonction consécutive à leur dédifférenciation physiologique; B. Dans les régions épithéliales où le surmenage physiologique paraît neutraliser les facultés mitosiques des noyaux (sommet des villosites), l'intégrité morphologique et fonctionnelle des cellules intestinales est assurée par la greffe leucocytaire qui a pour résultante le rajeunissement de l'élément épithélial.

M. A.-L. **Herrera** adresse une Note intitulée : *Sur l'imitation des centrosomes, vacuoles et autres structures cellulaires avec le fluorosilicate de calcium.*

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 18 août 1919.)

Note de M. *Adrien Guébhard*, A propos de la prismation des coulées basaltiques :

Page 389, ligne 4, *au lieu de* pour le premier, *lire* pour le fer.

(Séance du 1^er^ septembre 1919.)

Note de M. *A. Lacroix,* La constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du Tibesti :

Page 401, ligne 4 en remontant [note (2)], *au lieu de* cartes empreintes, *lire* contre-empreintes.